

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050462

International filing date: 02 February 2005 (02.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 04/50224
Filing date: 06 February 2004 (06.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 09 March 2005 (09.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/EP200 5/ 0 5 0 4 6 2

28.02.05

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 14 FEV. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Albert GRYNWALD Cabinet GRYNWALD 127 rue du Faubourg Poissonnière 75009 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B11219	

1 NATURE DE LA DEMANDE			
Demande de brevet			
2 TITRE DE L'INVENTION			
		Modulateur en treillis vectoriel	
3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE		Pays ou organisation	Date N°
4-1 DEMANDEUR			
Nom	ANAGRAM TECHNOLOGIES SA		
Rue	ZI Le Trési		
Code postal et ville	6A 1028 PREVERENGES		
Pays	Suisse		
Nationalité	Suisse		
Forme juridique	Société anonyme		
5A MANDATAIRE			
Nom	GRYNWALD		
Prénom	Albert		
Qualité	CPI: 95-1001, Pas de pouvoir		
Cabinet ou Société	Cabinet GRYNWALD		
Rue	127 rue du Faubourg Poissonnière		
Code postal et ville	75009 PARIS		
N° de téléphone	01 53 32 77 35		
N° de télécopie	01 53 32 77 94		
Courrier électronique	cabinet.grynwald@wanadoo.fr		
6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS		Fichier électronique	Pages Détails
Texte du brevet		textebrevet.pdf	12 D 10, R 1, AB 1
Dessins		dessins.pdf	2 page 2, figures 1, Abrégé: page 2, Fig.1
Désignation d'inventeurs			

7 MODE DE PAIEMENT				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		3339		
8 RAPPORT DE RECHERCHE				
Etablissement immédiat				
9 REDEVANCES JOINTES				
	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
Total à acquitter	EURO			320.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Grynwald, A.Grynwald

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

DATE DE RECEPTION	6 février 2004	
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI	0450224	
Vos références pour ce dossier	B11219	

DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	ANAGRAM TECHNOLOGIES SA
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	CH

TITRE DE L'INVENTION

Modulateur en treillis vectoriel

DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	

EFFECTUE PAR

Effectué par:	A.Grynwald
Date et heure de réception électronique:	6 février 2004 17:53:22
Empreinte officielle du dépôt	6C:B4:7C:0C:57:8B:E5:DC:9D:B9:23:7E:76:F6:2C:82:86:F4:CB:DE

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersburg
NATIONAL DE 75000 PARIS cedex 08
LA PROPRIÉTÉ Téléphone : 01 53 04 53 04
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

MODULATEUR EN TREILLIS VECTORIEL

Dans la description qui va suivre, les abréviations utilisées auront la signification suivante :

5 DSD : Direct Stream Digital. Format de codage utilisé par le SACD

MTV : Modulation en Treillis Vectoriel

PCM : Pulse Code Modulation (modulation en amplitude)

10 PDM : Pulse Density Modulation (modulation en densité d'impulsions)

PWM : Pulse Width Modulation (modulation en largeur d'impulsions)

SACD : Super Audio CD. Successeur du CD audio développé par Sony et Philips

15 SDM : Sigma Delta Modulator (modulateur delta-sigma)

Introduction

La technologie de Modulation en Treillis Vectoriel (MTV) est une nouvelle technologie de transcodage de formats de signaux, permettant des applications dans de nombreux domaines.
20 Le domaine clef d'application envisagé par l'invention est l'amplification numérique de signaux audio. Néanmoins, d'autres

B11219 FR

1

MODULATEUR EN TREILLIS VECTORIEL

Dans la description qui va suivre, les abréviations utilisées auront la signification suivante :

5 DSD : Direct Stream Digital. Format de codage utilisé par le SACD

MTV : Modulation en Treillis Vectoriel

PCM : Pulse Code Modulation (modulation en amplitude)

10 PDM : Pulse Density Modulation (modulation en densité d'impulsions)

PWM : Pulse Width Modulation (modulation en largeur d'impulsions)

15 SACD : Super Audio CD. Successeur du CD audio développé par "Sony" (marque déposée) et "Philips" (marque déposée)

SDM : Sigma Delta Modulator (modulateur delta-sigma)

Introduction

20 La technologie de Modulation en Treillis Vectoriel (MTV) est une nouvelle technologie de transcodage de formats de signaux, permettant des applications dans de nombreux domaines. Le domaine clef d'application envisagé par l'invention est l'amplification numérique de signaux audio. Néanmoins, d'autres

applications sont envisagées telles que le codage DSD ou le contrôle de moteurs.

Problème adressé

Contexte général

5

En audio, comme dans d'autres domaines, la tendance générale est le remplacement de l'analogique par le numérique, illustré par exemple par le remplacement du disque vinyle par le CD. Néanmoins, les signaux numériques existent en une diversité de formats et il est souvent nécessaire de pouvoir passer de l'un à l'autre. L'invention présentée dans le présent document offre une solution à ce problème.

10

Bien que la présente invention puisse s'appliquer à une grande variété de conversion de formats, nous nous concentrerons sur son application à l'amplification numérique. Contrairement à l'amplification analogique produisant une copie du signal analogique d'entrée à sa sortie, l'amplification numérique produit en sortie un signal dont le nombre d'état est très limité ; en général deux (symbolisés par +1 et -1, modulation deux niveaux) ou trois (symbolisés par -1, 0 et 1, modulation trois niveaux). Le signal analogique est alors reconstruit par un simple filtre passe-bas appliqué à la sortie de l'amplificateur et l'amplificateur agit comme un interrupteur pouvant être ouvert ou fermé, mais sans états intermédiaires. De par la nature discrète de ses états de sortie, l'amplificateur numérique se prête particulièrement bien à accepter des signaux numériques en entrée.

15

20

25

30

35

L'amplification numérique, de part son architecture et son mode d'opération, apporte des avantages indéniables par rapport à l'amplification analogique classique. Son avantage principal est son haut rendement, 90%, parfois plus, à comparer au rendement d'un amplificateur analogique se situant au mieux aux environs de 65%. De part cette augmentation de rendement, la chaleur dégagée par un amplificateur numérique est minime, permettant des constructions beaucoup plus compactes et, par conséquent, plus avantageuses. Un autre avantage de

applications sont envisagées telles que le codage DSD ou le contrôle de moteurs.

Problème adressé

Contexte général

5 En audio, comme dans d'autres domaines, la tendance générale est le remplacement de l'analogique par le numérique, illustré par exemple par le remplacement du disque vinyle par le CD. Néanmoins, les signaux numériques existent en une diversité de formats et il est souvent nécessaire de pouvoir passer de
10 l'un à l'autre. L'invention présentée dans le présent document offre une solution à ce problème.

Bien que la présente invention puisse s'appliquer à une grande variété de conversion de formats, nous nous concentrerons sur son application à l'amplification numérique.
15 Contrairement à l'amplification analogique produisant une copie du signal analogique d'entrée à sa sortie, l'amplification numérique produit en sortie un signal dont le nombre d'état est très limité ; en général deux (symbolisés par +1 et -1, modulation deux niveaux) ou trois (symbolisés par -1, 0 et 1, modulation trois niveaux). Le signal analogique est alors
20 reconstruit par un simple filtre passe-bas appliqué à la sortie de l'amplificateur et l'amplificateur agit comme un interrupteur pouvant être ouvert ou fermé, mais sans états intermédiaires. De par la nature discrète de ses états de sortie, l'amplificateur
25 numérique se prête particulièrement bien à accepter des signaux numériques en entrée.

L'amplification numérique, de part son architecture et son mode d'opération, apporte des avantages indéniables par rapport à l'amplification analogique classique. Son avantage
30 principal est son haut rendement, 90%, parfois plus, à comparer au rendement d'un amplificateur analogique se situant au mieux aux environs de 65%. De part cette augmentation de rendement, la chaleur dégagée par un amplificateur numérique est minime, permettant des constructions beaucoup plus compactes et, par
35 conséquent, plus avantageuses. Un autre avantage de

l'amplification numérique est son adéquation à utiliser des signaux numériques en entrée et donc de se passer d'étage de conversion numérique analogique bas niveau.

5 Néanmoins les implémentations actuelles d'amplificateurs numériques (à entrées numériques) souffrent encore de problèmes que l'invention présentée ici permet d'adresser. On distingue majoritairement deux types d'amplificateurs numériques :

10 • Les amplificateurs de type PWM (Pulse Width Modulation). C'est la catégorie largement la plus répandue. Ils produisent des impulsions dans la durée est modulée par le signal à reproduire. Leur principal désavantage est la production de résidus hautes-fréquences tonaux de forte amplitude dus au cycle répétitif de l'approche PWM. Ces résidus
15 posent des problèmes en terme de compatibilité électromagnétique suivant les environnements où ils sont utilisés (par ex. automobile).

20 • Les amplificateurs de type PDM (Pulse Density Modulation). Bien que passablement étudiés en théorie, il n'existe sur le marché que quelques représentants de cette catégorie, tous produits par Sharp. Ces amplificateurs reposent sur le même principe de codage que le SACD (Super Audio CD), dénommé DSD. Bien que ne présentant pas de caractéristiques tonales, les résidus haute-fréquence provoqués par cette
25 catégorie sont très importants et à haute énergie. Ceci ne présente pas de problèmes pour des conversions bas niveau mais représentent un défi pour des puissances plus importantes, engendrant un coût supplémentaire. De plus, la haute fréquence de commutation de l'étage de sortie peut être préjudiciable au
30 rendement.

L'approche que nous présentons dans ce document devrait permettre de résoudre les points ci-dessus et, globalement, améliorer les performances de l'amplification numérique.

35

Besoins du marché

l'amplification numérique est son adéquation à utiliser des signaux numériques en entrée et donc de se passer d'étage de conversion numérique analogique bas niveau.

Néanmoins les implémentations actuelles d'amplificateurs numériques (à entrées numériques) souffrent encore de problèmes que l'invention présentée ici permet d'adresser. On distingue majoritairement deux types d'amplificateurs numériques :

• Les amplificateurs de type PWM (Pulse Width Modulation). C'est la catégorie largement la plus répandue. Ils produisent des impulsions dans la durée est modulée par le signal à reproduire. Leur principal désavantage est la production de résidus hautes-fréquences tonaux de forte amplitude dus au cycle répétitif de l'approche PWM. Ces résidus posent des problèmes en terme de compatibilité électromagnétique suivant les environnements où ils sont utilisés (par ex. automobile).

• Les amplificateurs de type PDM (Pulse Density Modulation). Bien que passablement étudiés en théorie, il n'existe sur le marché que quelques représentants de cette catégorie, tous produits par "Sharp" (marque déposée). Ces amplificateurs reposent sur le même principe de codage que le SACD (Super Audio CD), dénommé DSD. Bien que ne présentant pas de caractéristiques tonales, les résidus haute-fréquence provoqués par cette catégorie sont très importants et à haute énergie. Ceci ne présente pas de problèmes pour des conversions bas niveau mais représentent un défi pour des puissances plus importantes, engendrant un coût supplémentaire. De plus, la haute fréquence de commutation de l'étage de sortie peut être préjudiciable au rendement.

L'approche que nous présentons dans ce document devrait permettre de résoudre les points ci-dessus et, globalement, améliorer les performances de l'amplification numérique.

Besoins du marché

L'amplification numérique est considérée comme un des piliers d'avenir du marché de l'audio. De nombreux analystes partagent ce point de vue.

5 Néanmoins les problèmes de résidus haute-fréquence décrits ci-dessus empêchent encore leur emploi avantageux dans certains domaines à forte croissance tels que l'industrie automobile. De plus, les performances des amplificateurs numériques ne sont pas encore égales à celles des meilleures réalisations analogiques.

10 La nouvelle approche selon l'invention permettra de résoudre, en partie du moins, les problèmes de résidus haute-fréquence ainsi que de hisser les performances au meilleur niveau possible. De ce fait, l'invention répond à une attente du marché.

15 Etat de l'art antérieur

Description générale de l'art antérieur

Selon nos connaissances du domaine, une approche en treillis n'a jamais été envisagée dans le cadre de l'amplification numérique. Il n'y a donc pas d'art antérieur
20 couvrant exactement le domaine de l'invention. Néanmoins, l'art antérieur existe dans les deux domaines suivants qui sont les fondements pour l'invention présentée dans le présent document :

- Transcodage PCM vers DSD à l'aide de treillis (génération de signaux pour le SACD).
- 25 • Amplification numérique pour l'audio.

Transcodage PCM vers DSD à l'aide de treillis

La conversion PCM vers DSD (transcodage) est une étape nécessaire pour la génération de signaux DSD pour le SACD à partir du format généralement utilisé dans la chaîne de
30 production audio. Une classique modulation delta-sigma du 5ème ou du 7ème ordre est généralement utilisée. Néanmoins il a été démontré que cette solution est loin d'être optimale et qu'elle présente de potentiels problèmes de stabilité. Divers travaux ont été mené en vue d'améliorer cette modulation. Une des voies
35 les plus prometteuses semble venir de la modulation à l'aide de

L'amplification numérique est considérée comme un des piliers d'avenir du marché de l'audio. De nombreux analystes partagent ce point de vue.

5 Néanmoins les problèmes de résidus haute-fréquence décrits ci-dessus empêchent encore leur emploi avantageux dans certains domaines à forte croissance tels que l'industrie automobile. De plus, les performances des amplificateurs numériques ne sont pas encore égales à celles des meilleures réalisations analogiques.

10 La nouvelle approche selon l'invention permettra de résoudre, en partie du moins, les problèmes de résidus haute-fréquence ainsi que de hisser les performances au meilleur niveau possible. De ce fait, l'invention répond à une attente du marché.

15 Etat de l'art antérieur

Description générale de l'art antérieur

Selon nos connaissances du domaine, une approche en treillis n'a jamais été envisagée dans le cadre de l'amplification numérique. Il n'y a donc pas d'art antérieur
20 couvrant exactement le domaine de l'invention. Néanmoins, l'art antérieur existe dans les deux domaines suivants qui sont les fondements pour l'invention présentée dans le présent document :

- Transcodage PCM vers DSD à l'aide de treillis (génération de signaux pour le SACD).

25 • Amplification numérique pour l'audio.

Transcodage PCM vers DSD à l'aide de treillis

La conversion PCM vers DSD (transcodage) est une étape nécessaire pour la génération de signaux DSD pour le SACD à partir du format généralement utilisé dans la chaîne de
30 production audio. Une classique modulation delta-sigma du 5ème ou du 7ème ordre est généralement utilisée. Néanmoins il a été démontré que cette solution est loin d'être optimale et qu'elle présente de potentiels problèmes de stabilité. Divers travaux ont été mené en vue d'améliorer cette modulation. Une des voies
35 les plus prometteuses semble venir de la modulation à l'aide de

treillis introduite théoriquement pour la première fois par Kato et développé par la suite par Philips. L'invention étend les concepts développés dans ces références et les englobe comme un cas particulier. Les applications potentielles de tels types de modulation à l'amplification numérique ne sont pas considérés dans les références faisant allusion à l'utilisation de treillis en audio. Les principaux acteurs dans ce domaine sont Accuphase (Japon) et Philips (Pays-bas).

Amplification numérique pour l'audio

Des solutions d'amplification numériques pour l'audio existent sur le marché. Comme énoncé plus haut, les approches actuelles se distinguent par leur type d'entrée : analogique ou numérique. Nous nous concentrerons sur les solutions à entrée numériques ; celles à entrée analogique nécessitant un étage de conversion numérique-analogique avant d'attaquer la section d'amplification ne répondant pas au critère d'une chaîne de traitement audio purement numérique. Les solutions purement numériques se distinguent en deux catégories : PWM et PDM. L'approche PWM se caractérise par des résidus tonaux de forte énergie en haute fréquence qui posent des problèmes de compatibilité électromagnétique. L'approche PDM, quant à elle, nécessite une fréquence de commutation de l'étage de sortie très élevée ce qui peut potentiellement abaissé le rendement. D'autre part, elle génère des signaux haute fréquence de forte amplitude (mais généralement non tonaux) ce qui peut également poser des problèmes de radiations électromagnétiques. A notre connaissance aucun des travaux menés sur les amplificateurs numériques ne fait référence à une architecture en treillis. Les principaux acteurs dans ce domaine sont ST MicroElectronics (France, licence technologique de ApogeeDDX), ApogeeDDX (Etats-Unis), Texas Instruments (Etats-Unis), Renesas (Japon), Pulsus (Corée) et possiblement D2Audio (Etats-Unis). Tous ces acteurs utilisent une approche PWM. Sharp (Japon), pour sa part, propose une approche PDM.

treillis introduite théoriquement pour la première fois par "Kato" (marque déposée) et développé par la suite par "Philips" (marque déposée). L'invention étend les concepts développés dans ces références et les englobe comme un cas particulier. Les applications potentielles de tels types de modulation à l'amplification numérique ne sont pas considérés dans les références faisant allusion à l'utilisation de treillis en audio. Les principaux acteurs dans ce domaine sont "Accuphase" (marque déposée) (Japon) et "Philips" (marque déposée) (Pays-bas).

Amplification numérique pour l'audio

Des solutions d'amplification numériques pour l'audio existent sur le marché. Comme énoncé plus haut, les approches actuelles se distinguent par leur type d'entrée : analogique ou numérique. Nous nous concentrerons sur les solutions à entrée numériques ; celles à entrée analogique nécessitant un étage de conversion numérique-analogique avant d'attaquer la section d'amplification ne répondant pas au critère d'une chaîne de traitement audio purement numérique. Les solutions purement numériques se distinguent en deux catégories : PWM et PDM. L'approche PWM se caractérise par des résidus tonaux de forte énergie en haute fréquence qui posent des problèmes de compatibilité électromagnétique. L'approche PDM, quant à elle, nécessite une fréquence de commutation de l'étage de sortie très élevée ce qui peut potentiellement abaissé le rendement. D'autre part, elle génère des signaux haute fréquence de forte amplitude (mais généralement non tonaux) ce qui peut également poser des problèmes de radiations électromagnétiques. A notre connaissance aucun des travaux menés sur les amplificateurs numériques ne fait référence à une architecture en treillis. Les principaux acteurs dans ce domaine sont "ST MicroElectronics" (marque déposée) (France, licence technologique de "ApogeeDDX" (marque déposée)), "ApogeeDDX" (marque déposée) (Etats-Unis), "Texas Instruments" (marque déposée) (Etats-Unis), "Renesas" (marque déposée) (Japon), "Pulsus" (marque déposée) (Corée) et

Aucun art antérieur introduisant les treillis en audio ne fait allusion à l'amplification numérique et aucun art antérieur ayant trait à l'amplification numérique (de signaux audio) ne fait allusion à une approche en treillis. La solution
5 selon l'invention est donc nouvelle. En effet, tous les art antérieurs sont orientés vers le SACD et le codage des signaux en DSD, mais aucun ne fait le lien vers les amplificateurs numériques. De plus, tous les arts antérieurs reposent sur une quantification du signal en deux niveaux de type PDM. Nous
10 verrons que notre approche englobe ces applications comme un cas particulier et étend l'application des treillis (quoique modifiés) à l'amplification numérique ainsi qu'à d'autres conversions de formats de signaux.

Solution proposée

15 L'invention concerne un procédé permettant de convertir de manière simple des signaux audio aux formats hétérogènes. Le procédé est plus particulièrement destiné à permettre l'amplification numérique des signaux audio sans générer de résidus haute-fréquence. Le procédé consiste en la
20 mise en œuvre d'une modulation en treillis vectoriel comprenant les étapes suivantes :

- l'étape (I) d'initialiser un nombre N de candidats de sortie différents, minimisant une fonction de coût sur du silence numérique,

25 - l'étape (II) de sélectionner un nombre K d'évolutions probables correspondant à chacun des N candidats de sortie,

- l'étape (III), à partir de chacune des évolutions, de calculer une fonction de coût et de marquer les candidats et
30 leurs évolutions minimisant la fonction de coût, $y(n)$ désignant l'état d'un candidat optimal au temps $n-T$,

- l'étape (IV) de sélectionner un groupe de candidats caractérisés en ce que leur état au temps $n-T$ est égal à $y(n)$,

35 - l'étape (V) de sélectionner, parmi le groupe de candidats, les N éléments minimisant ladite fonction de coût,

possiblement "D2Audio" (marque déposée) (Etats-Unis). Tous ces acteurs utilisent une approche PWM. "Sharp" (marque déposée) (Japon), pour sa part, propose une approche PDM.

Aucun art antérieur introduisant les treillis en audio ne fait allusion à l'amplification numérique et aucun art antérieur ayant trait à l'amplification numérique (de signaux audio) ne fait allusion à une approche en treillis. La solution selon l'invention est donc nouvelle. En effet, tous les art antérieurs sont orientés vers le SACD et le codage des signaux en DSD, mais aucun ne fait le lien vers les amplificateurs numériques. De plus, tous les arts antérieurs reposent sur une quantification du signal en deux niveaux de type PDM. Nous verrons que notre approche englobe ces applications comme un cas particulier et étend l'application des treillis (quoique modifiés) à l'amplification numérique ainsi qu'à d'autres conversions de formats de signaux.

Solution proposée

L'invention concerne un procédé permettant de convertir de manière simple des signaux audio aux formats hétérogènes. Le procédé est plus particulièrement destiné à permettre l'amplification numérique des signaux audio sans générer de résidus haute-fréquence. Le procédé consiste en la mise en œuvre d'une modulation en treillis vectoriel comprenant les étapes suivantes :

25 - l'étape (I) d'initialiser un nombre N de candidats de sortie différents, minimisant une fonction de coût sur du silence numérique,

30 - l'étape (II) de sélectionner un nombre K d'évolutions probables correspondant à chacun des N candidats de sortie,

- l'étape (III), à partir de chacune des évolutions, de calculer une fonction de coût et de marquer les candidats et leurs évolutions minimisant la fonction de coût, $y(n)$ désignant l'état d'un candidat optimal au temps $n-T$,

- l'étape d'itérer les étapes I à V.

Présentation de la solution

La figure 1 représente le schéma de principe de la modulation en treillis vectorielle. Les références numériques portées sur la figure 1 correspondent aux éléments suivants :

- 1 : $x(n)$ (Signal d'entrée)
- 2 : H_x (Filtre du signal d'entrée)
- 3 : $H_x(n)$ (Signal d'entrée filtré par H_x)
- 4 : $q(n)$ (Valeur instantanée d'un des N candidats de sortie au temps n)
- 5 : H_q (Filtre des valeurs candidates à la sortie)
- 6 : $H_q(n)$ (Signal candidat filtré par H_q)
- 7 : W (Fonction de pondération de l'erreur entre l'entrée et le candidat)
- 8 : $e(n)$ (Signal d'erreur pondérée entre l'entrée et le candidat)
- 9 : SEL (Block de sélection du candidat optimal au temps n)
- 10 : $y(n)$ (Signal de sortie = $q(n-T)$ optimal)
- 11 : Sel(n) (Signal d'invalidation de tous les candidats pour l'instant $n+1$ ne correspondant pas avec le candidat idéal au temps $n-T$)
- 12 : PRESEL (Fonction de pré-sélection des évolutions possibles des candidats en fonction du signal d'entrée)
- 13 : Pev(n) (Signal de pré-sélection des évolutions possibles)
- 14 : N candidats de sortie au temps n

T désigne la profondeur historique de décision.

Contrairement à un schéma de modulation ou de quantification classique, le système de modulation en treillis vectoriel, ne cherche pas à obtenir à chaque instant n l'unique élément de sortie minimisant une fonction de coût instantanée. Au contraire, ce type de modulation maintient une population de candidats à la minimisation d'une fonction de coût globale. Cette différence est à la base de la notion de treillis. Un

- l'étape (IV) de sélectionner un groupe de candidats caractérisés en ce que leur état au temps $n-T$ est égal à $y(n)$,

- l'étape (V) de sélectionner, parmi le groupe de candidats, les N éléments minimisant ladite fonction de coût,

5 - l'étape d'itérer les étapes I à V.

Présentation de la solution

La figure 1 représente le schéma de principe de la modulation en treillis vectorielle. Les références numériques portées sur la figure 1 correspondent aux éléments suivants :

- 10 1 : $x(n)$ (Signal d'entrée)
 - 2 : Hx (Filtre du signal d'entrée)
 - 3 : $Hx(n)$ (Signal d'entrée filtré par Hx)
 - 4 : $q(n)$ (Valeur instantanée d'un des N candidats de sortie au temps n)
 - 15 5 : Hq (Filtre des valeurs candidates à la sortie)
 - 6 : $Hq(n)$ (Signal candidat filtré par Hq)
 - 7 : W (Fonction de pondération de l'erreur entre l'entrée et le candidat)
 - 8 : $e(n)$ (Signal d'erreur pondérée entre l'entrée et le
 - 20 candidat)
 - 9 : SEL (Block de sélection du candidat optimal au temps n)
 - 10 : $y(n)$ (Signal de sortie = $q(n-T)$ optimal)
 - 11 : Sel(n) (Signal d'invalidation de tous les
 - 25 candidats pour l'instant $n+1$ ne correspondant pas avec le candidat idéal au temps $n-T$)
 - 12 : PRESEL (Fonction de pré-sélection des évolutions possibles des candidats en fonction du signal d'entrée)
 - 13 : Pev(n) (Signal de pré-sélection des évolutions
 - 30 possibles)
 - 14 : N candidats de sortie au temps n
- T désigne la profondeur historique de décision.

Contrairement à un schéma de modulation ou de quantification classique, le système de modulation en treillis
35 vectoriel, ne cherche pas à obtenir à chaque instant n l'unique

treillis permet la recherche d'un minimum global d'une certaine fonction de coût à partir d'une population de candidats évoluant à chaque pas. Evidement afin d'être sûr d'obtenir le candidat minimisant la fonction de coût globale, il faudrait examiner l'ensemble de tous les candidats possibles. Ceci n'est matériellement pas réalisable. Ainsi, à chaque étape, une sous-population de candidats ayant la plus haute probabilité de contenir le candidat idéal est sélectionnée. Cette sous-population est déterminée par un savoir à priori sur le signal (si ce savoir existe) et/ou sur un savoir à priori sur le comportement de la fonction de pondération de l'erreur. Ainsi, au lieu de devoir faire un examen exhaustif de toutes les candidats possibles, on peut se limiter à un sous-ensemble. Il a été démontré que cette manière de faire n'amène qu'une dégradation des performances négligeable vis-à-vis d'une recherche exhaustive, pour autant que la pré-sélection soit bien accordée à la fonction de pondération (W) et au filtrage (H_x et H_q).

Le fonctionnement général de la modulation en treillis vectoriel est décrit par le pseudo-code suivant :

Initialisation : Initialisation d'un nombre N de candidats de sortie tous différents minimisant la fonction de coût sur du silence numérique.

Opération : Etant donné le nouvel échantillon d'entrée, pré-sélectionner un nombre K d'évolutions probables pour chacun des N candidats à la sortie. (PRESEL)

Pour chacune de ces évolutions possibles, calculer la nouvelle fonction de coût et marquer le candidat et son évolution minimisant cette fonction. Dénoter par $y(n)$ l'état du candidat optimal au temps $n-T$.

Procéder à l'élimination préalable de tous les candidats et de leur évolution si leur état au temps $n-T$ n'est pas égal à $y(n)$.

Sélectionner parmi tous les candidats restants et leur évolutions les N éléments minimisant la fonction de coût. Ce

élément de sortie minimisant une fonction de coût instantanée. Au contraire, ce type de modulation maintient une population de candidats à la minimisation d'une fonction de coût globale. Cette différence est à la base de la notion de treillis. Un

5 treillis permet la recherche d'un minimum global d'une certaine fonction de coût à partir d'une population de candidats évoluant à chaque pas. Evidemment afin d'être sûr d'obtenir le candidat minimisant la fonction de coût globale, il faudrait examiner l'ensemble de tous les candidats possibles. Ceci n'est

10 matériellement pas réalisable. Ainsi, à chaque étape, une sous-population de candidats ayant la plus haute probabilité de contenir le candidat idéal est sélectionnée. Cette sous-population est déterminée par un savoir à priori sur le signal (si ce savoir existe) et/ou sur un savoir à priori sur le

15 comportement de la fonction de pondération de l'erreur. Ainsi, au lieu de devoir faire un examen exhaustif de toutes les candidats possibles, on peut se limiter à un sous-ensemble. Il a été démontré que cette manière de faire n'amène qu'une dégradation des performances négligeable vis-à-vis d'une

20 recherche exhaustive, pour autant que la pré-sélection soit bien accordée à la fonction de pondération (W) et au filtrage (H_x et H_q).

Le fonctionnement général de la modulation en treillis vectoriel est décrit par le pseudo-code suivant :

25 Initialisation : Initialisation d'un nombre N de candidats de sortie tous différents minimisant la fonction de coût sur du silence numérique.

Opération : Etant donné le nouvel échantillon d'entrée, pré-sélectionner un nombre K d'évolutions probables pour chacun des N candidats à la sortie. (PRESEL)

30

Pour chacune de ces évolutions possibles, calculer la nouvelle fonction de coût et marquer le candidat et son évolution minimisant cette fonction. Dénoter par $y(n)$ l'état du candidat optimal au temps $n-T$.

nouvel ensemble forme l'ensemble des candidats pour le tour suivant.

Cette manière de faire assure qu'à chaque étape un candidat pseudo-idéal soit sélectionné et qu'il survive, pour le
5 tour suivant, N nouveaux candidats tous différents. La profondeur historique de décision représente un temps de stabilisation des différents candidats permettant la convergence vers une solution quasi optimale.

Différences avec l'art antérieur

10 Les différences principales avec l'art antérieur ont déjà été citées plus haut, à savoir :

- Aucun travail appliquant les technologies de treillis à l'audio ne fait référence à l'amplification numérique de signaux audio.

15 • Aucun travail portant sur l'amplification numérique de signaux audio ne fait référence à la technologie des treillis.

D'autre part, il y a également des différences structurelles entre les applications de treillis en audio à ce
20 jour et l'architecture proposée :

- Dans les travaux existants, la sortie du système est toujours un signal binaire (i.e. à seulement deux états possibles). Ce n'est pas le cas de notre modèle, vu qu'il n'y a pas de restriction sur le nombre d'états de sortie
25 (quantification) différents.

- La fonction de pré-sélection des évolutions des candidats en fonction de l'état d'entrée du système n'est pas présente dans les systèmes utilisant des treillis en audio présentés à ce jour.

30 • Les filtres de pré-traitement Hx et Hq ne sont pas séparés de la fonction de pondération W dans les systèmes présentés à ce jour. Cette séparation permet une plus grande souplesse ainsi que l'utilisation de formats complètement différents entre entrée et sortie. Les filtres Hx et Hq
35 permettant de ramener les représentations des signaux d'entrée

Procéder à l'élimination préalable de tous les candidats et de leur évolution si leur état au temps $n-T$ n'est pas égal à $y(n)$.

5 Sélectionner parmi tous les candidats restants et leur évolutions les N éléments minimisant la fonction de coût. Ce nouvel ensemble forme l'ensemble des candidats pour le tour suivant.

10 Cette manière de faire assure qu'à chaque étape un candidat pseudo-idéal soit sélectionné et qu'il survive, pour le tour suivant, N nouveaux candidats tous différents. La profondeur historique de décision représente un temps de stabilisation des différents candidats permettant la convergence vers une solution quasi optimale.

Différences avec l'art antérieur

15 Les différences principales avec l'art antérieur ont déjà été citées plus haut, à savoir :

- Aucun travail appliquant les technologies de treillis à l'audio ne fait référence à l'amplification numérique de signaux audio.

20 • Aucun travail portant sur l'amplification numérique de signaux audio ne fait référence à la technologie des treillis.

25 D'autre part, il y a également des différences structurelles entre les applications de treillis en audio à ce jour et l'architecture proposée :

30 • Dans les travaux existants, la sortie du système est toujours un signal binaire (i.e. à seulement deux états possibles). Ce n'est pas le cas de notre modèle, vu qu'il n'y a pas de restriction sur le nombre d'états de sortie (quantification) différents.

- La fonction de pré-sélection des évolutions des candidats en fonction de l'état d'entrée du système n'est pas présente dans les systèmes utilisant des treillis en audio présentés à ce jour.

et les candidats à la sortie dans un domaine commun, pondéré ensuite par la fonction W. Par exemple ceci permet d'avoir une sortie en PWM alors que l'entrée est en PCM.

Exemple(s) d'application

5. Les applications possible de notre nouveau principe de modulation sont nombreuses. On peut par exemple citer :

- Conversion PCM vers DSD
- Amplification numérique type PWM : L'invention permet la réalisation de modulateurs pour de tels amplificateurs en considérant comme candidats de sortie les largeurs d'impulsions du signal à générer. Il permet de réaliser aussi bien des modulateurs symétriques qu'asymétriques ainsi qu'à 2 ou 3 niveaux (ou plus si nécessaire).
- 10 • Amplification numérique type PDM : Ce problème étant similaire à la conversion PCM vers DSD, le résultat est immédiat.
- 15 • Amplification numérique hybride : Ce nouveau type de modulation peut s'apparenter à une hybridation entre l'approche PDM et PWM. Il nécessite pour candidats des suites de formes d'onde à nombre de transitions limité mais non nécessairement fixe (cas du PWM).
- 20 • Contrôle de moteurs pas à pas : Le contrôle de moteurs étant très proche de l'amplification PWM ou hybride, cette application est immédiate.

• Les filtres de pré-traitement Hx et Hq ne sont pas séparés de la fonction de pondération W dans les systèmes présentés à ce jour. Cette séparation permet une plus grande souplesse ainsi que l'utilisation de formats complètement différents entre entrée et sortie. Les filtres Hx et Hq permettant de ramener les représentations des signaux d'entrée et les candidats à la sortie dans un domaine commun, pondéré ensuite par la fonction W. Par exemple ceci permet d'avoir une sortie en PWM alors que l'entrée est en PCM.

10 Exemple(s) d'application

Les applications possible de notre nouveau principe de modulation sont nombreuses. On peut par exemple citer :

- Conversion PCM vers DSD

15 • Amplification numérique type PWM : L'invention permet la réalisation de modulateurs pour de tels amplificateurs en considérant comme candidats de sortie les largeurs d'impulsions du signal à générer. Il permet de réaliser aussi bien des modulateurs symétriques qu'asymétriques ainsi qu'à 2 ou 3 niveaux (ou plus si nécessaire).

20 • Amplification numérique type PDM : Ce problème étant similaire à la conversion PCM vers DSD, le résultat est immédiat.

25 • Amplification numérique hybride : Ce nouveau type de modulation peut s'apparenter à une hybridation entre l'approche PDM et PWM. Il nécessite pour candidats des suites de formes d'onde à nombre de transitions limité mais non nécessairement fixe (cas du PWM).

30 • Contrôle de moteurs pas à pas : Le contrôle de moteurs étant très proche de l'amplification PWM ou hybride, cette application est immédiate.

REVENDICATION

1. Procédé permettant de convertir de manière simple des signaux audio aux formats hétérogènes; ledit procédé étant plus particulièrement destiné à permettre l'amplification numérique desdits signaux audio sans générer de résidus haute-
5 fréquence ; ledit procédé consistant en la mise en œuvre d'une modulation en treillis vectoriel comprenant les étapes suivantes :

- l'étape (I) d'initialiser un nombre N de candidats de sortie différents, minimisant une fonction de coût sur du
10 silence numérique,

- l'étape (II) de sélectionner un nombre K d'évolutions probables correspondant à chacun desdits N candidats de sortie,

- l'étape (III), à partir de chacune desdites
15 évolutions, de calculer une fonction de coût et de marquer lesdits candidats et leurs évolutions minimisant ladite fonction de coût, $y(n)$ désignant l'état d'un candidat optimal au temps $n-T$,

- l'étape (IV) de sélectionner un groupe de candidats
20 caractérisés en ce que leur état au temps $n-T$ est égal à $y(n)$,

- l'étape (V) de sélectionner, parmi ledit groupe de candidats, les N éléments minimisant ladite fonction de coût,

- l'étape d'itérer les étapes I à V.

1/1

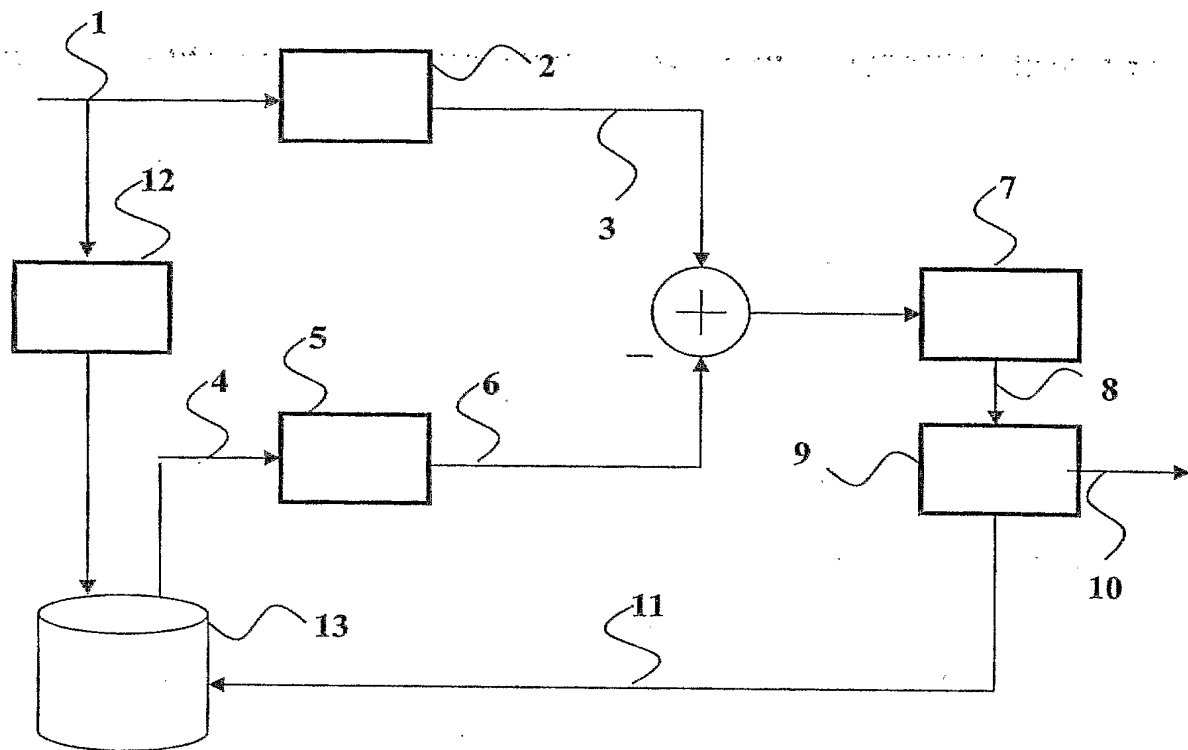
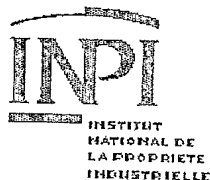


FIG 1

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITE****Désignation de l'inventeur**

Vos références pour ce dossier	B11219
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	Modulateur en treillis vectoriel
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	HEEB
Prénoms	Thierry
Rue	Rue de la Mécanique 9
Code postal et ville	1044 FEY
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Grynwald, A.Grynwald

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)

